

제5장 유압 펌프

- 5.1 유압펌프의 정의
- 5.2 유압펌프의 분류
- 5.3 유압펌프의 작동 원리
- 5.4 제어 장치
- 5.5 펌프의 선정
- 5.6 펌프의 설계(기어펌프)
- 5.7 용어의 정리

5.1 유압펌프의 정의

- 유압펌프란
 - 유압공학에서 다루는 펌프는 hydrostatic pump
 - 밀어내기식 (positive displacement)
 - 작동 cycle
 - 흡입(빨아들임), 공간차단, 압축 및 토출(밀어냄), 공간차단
- 정수압적 유압기기
 - 파스칼의 원리를 기초로 하는 유압기기
 - 기기내부에서 정압(static)적 특성이 지배

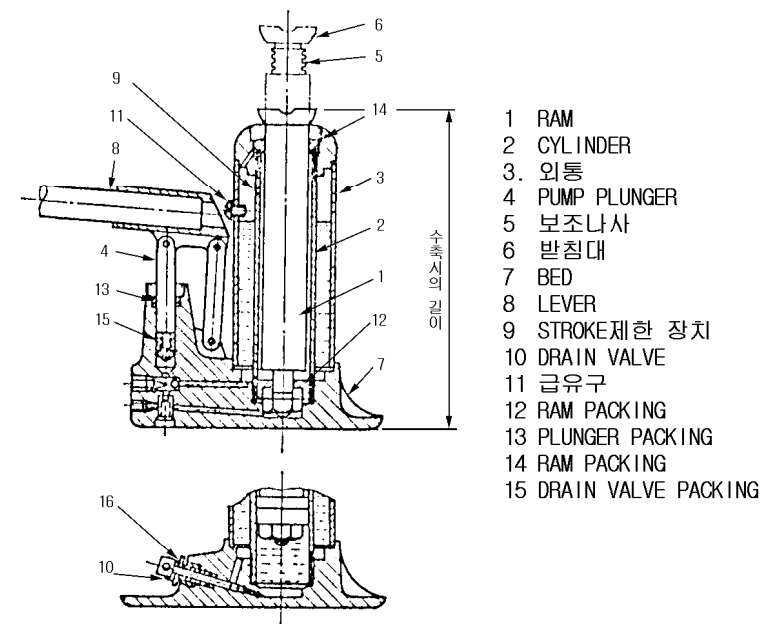


Fig. 5.1 수동 펌프

유압펌프의 정의(계속)

- 유압펌프의 작동 Cycle

- 피스톤 펌프의 작업 행정

- (1) 흡입(빨아들임)

- 피스톤의 후진에 의하여 만들어지는 공간으로 대기압 상태의 탱크에서 작동유가 빨려 들어가거나, 선행 부스터 펌프에 의하여 가압된 유량이 공급된다.

- (2) 유로 전환 (흡입 유로차단 및 토출유로 연결)

- 흡입구와 압축실 사이의 유로를 차단하고 토출구와 압축실 사이의 유로를 연결한다.

- (3) 압축 및 토출(밀어냄)

- 피스톤의 전진(밀어내기 운동)에 의하여 압축실내의 유압유가 토출구로 밀려 나간다.

- (4) 유로전환(토출유로 차단 및 흡입유로 연결)

- 토출구와 압축실 사이의 유로를 차단하고 흡입구와 압축실 사이의 유로를 연결한다.

유압펌프의 정의(계속)

- 유압펌프의 작동 Cycle
 - 피스톤 펌프의 작업 행정

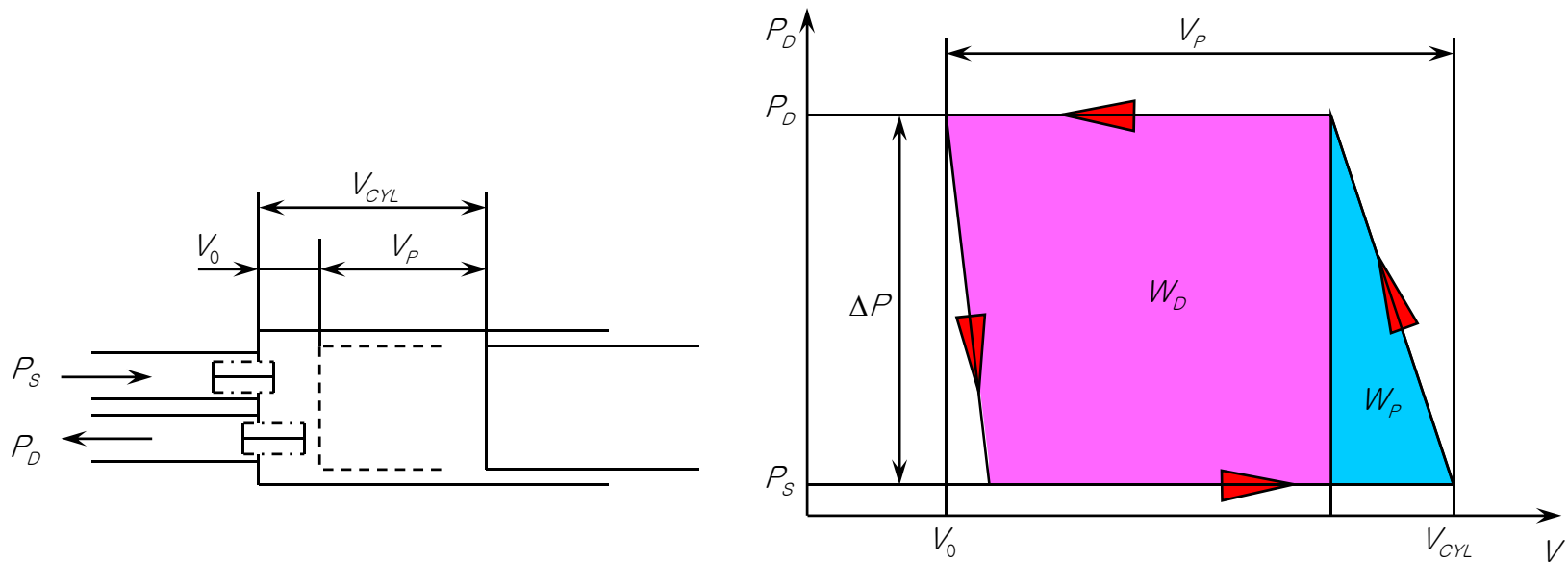


Fig. 5.2 피스톤 펌프의 작업 선도

5.2 유압펌프의 분류

작동유를 밀어내는 요소 및 그 요소의 작동원리에 따라 구분

(1) 피스톤 형식(Piston type)

- Axial 방향 - piston이 구동되는 원리에 따라 구분
 - 사판식 : 사판의 각도(사판각)에 의하여 축방향으로 구동
 - 사축식 : 2 축의 기울어진 각도(사축각)에 의하여 축방향으로 구동

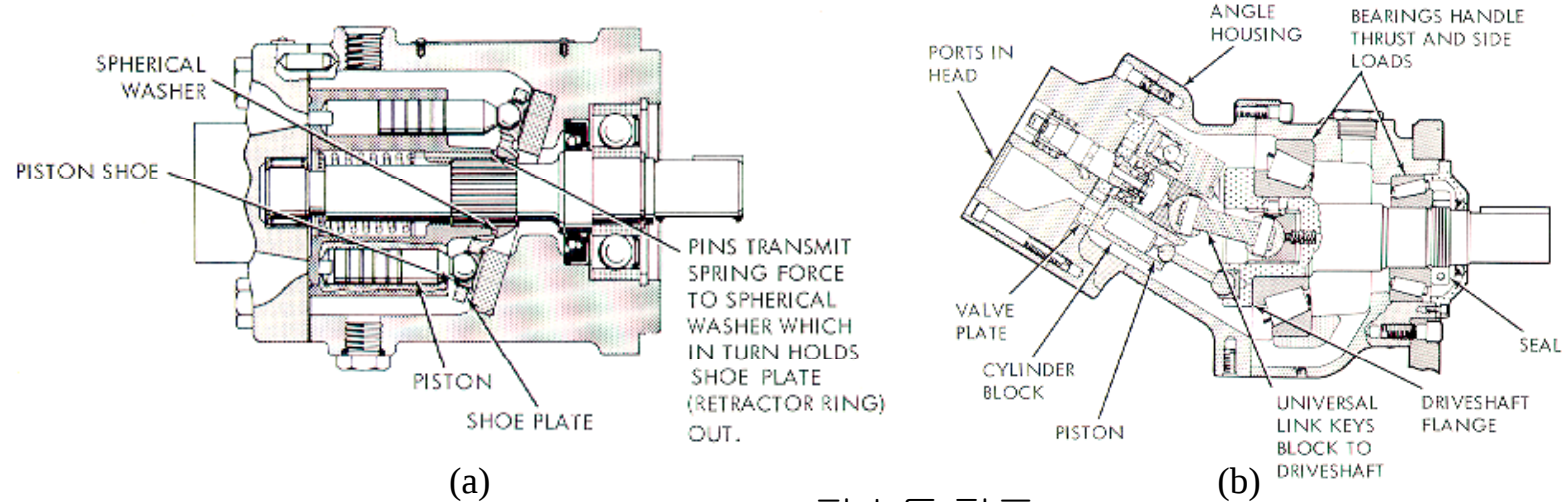


Fig. 5.3 피스톤 펌프

유압펌프의 분류(계속)

- Radial 방향
 - 반경방향으로 piston이 구동된다.

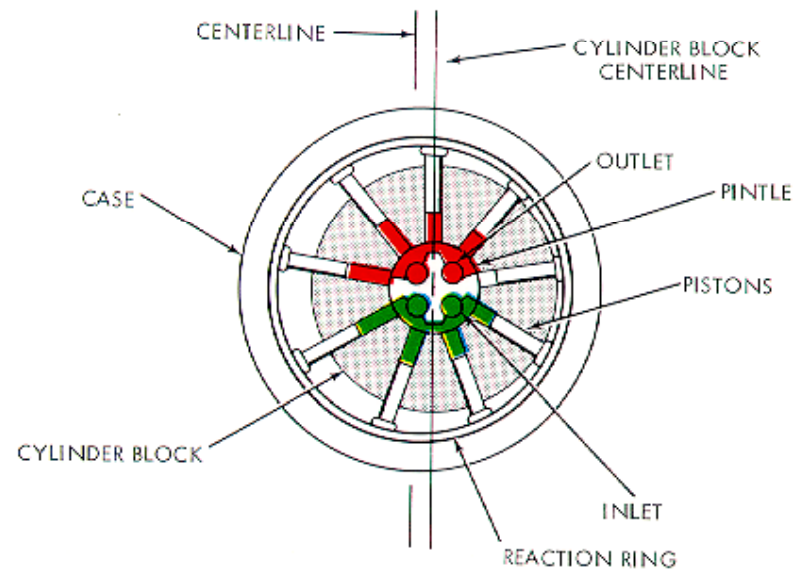


Fig. 5.4 레이디얼 피스톤 펌프

유압펌프의 분류(계속)

(2) Gear 형식

- 외접기어 형
- 내접기어 형

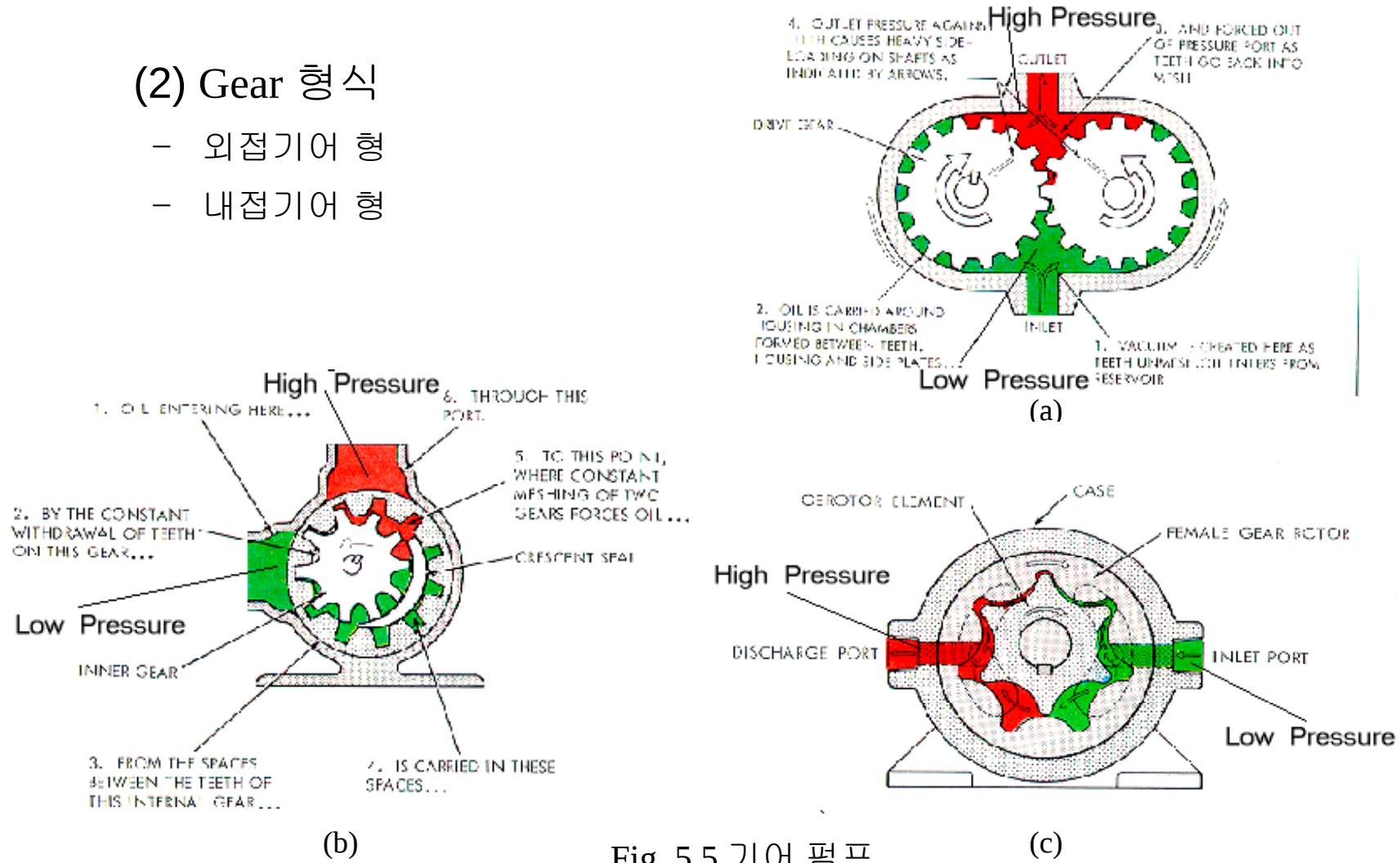


Fig. 5.5 기어 펌프

유압펌프의 분류(계속)

(3) 날개(Vane) 형식

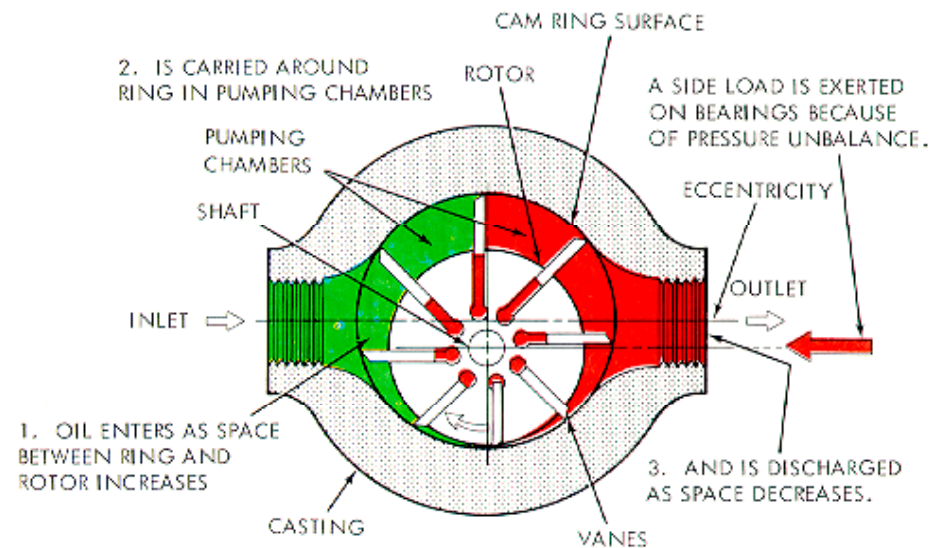


Fig. 5.6 베인 펌프

5.3 유압펌프의 작동원리

(1) 사판식 Axial 피스톤 펌프의 작동원리

- 축, CYLINDER BLOCK, PISTON 등이 회전
- 밸브판(VALVE PLATE), 사판(SWASH PLATE)은 고정
- SHOE PLATE에 의해 PISTON SHOE는 사판에 밀착
- 따라서 축이 회전하게 되면

PISTON은 사판위를 따라
미끌어지며 실린더블록의
실린더 내에서 **축방향으로**
왕복운동을 한다.

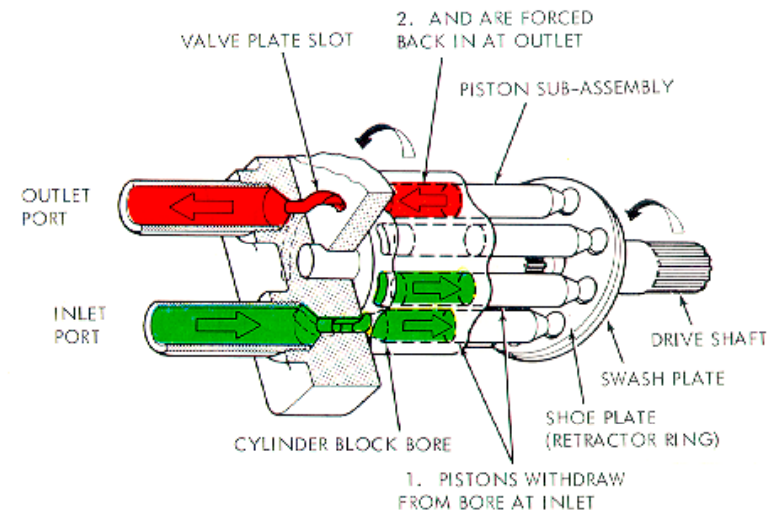


Fig. 5.7 사판식 피스톤 펌프

유압펌프의 작동원리(계속)

(2) 사판식 Axial 피스톤 펌프의 용량

펌프의 용량(displacement)이란?

- 단위 회전당 토출하는 체적(이론)
- 토출량 / 회전속도 (실험)
- 최소 토출압력, 정격 회전속도 조건

$$V_p = \frac{1}{4} \pi D_p^2 D_{CYL} \tan \alpha Z_p$$

V_p : 1회전당토출유량(cm^3 / rev)

D_p : piston 직경(cm)

D_{CYL} : cylinder block piston 직경(cm)

α : 사판 경사각

Z_p : piston 수량

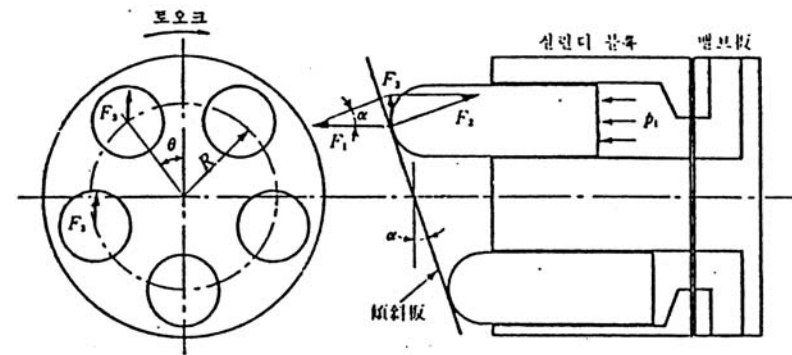


Fig. 5.8 피스톤 펌프의 용량계산

유압펌프의 작동원리(계속)

- 가변 용량 펌프(VARIABLE DISPLACEMENT)
 - 사판 또는 사축의 기울어진 각도를 제어
- 정용량 펌프(FIXED DISPLACEMENT PUMP)
 - 사판 또는 사축의 기울어진 각도가 고정

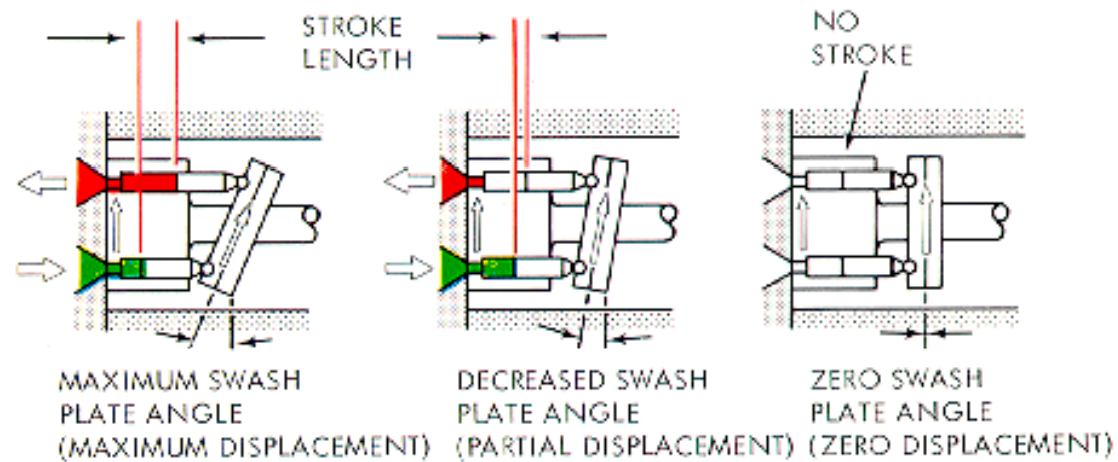


Fig. 5.9 가변 용량형사판식 피스톤 펌프의 작동

유압펌프의 작동원리(계속)

- 사판식 가변 용량 펌프
 - CUT OFF형

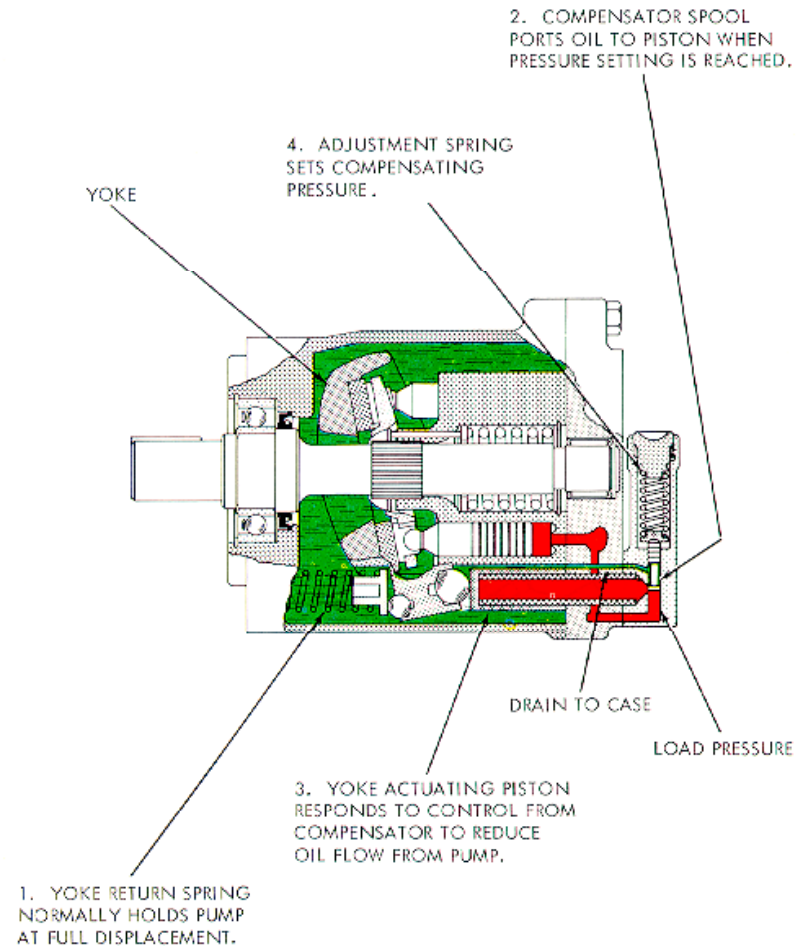


Fig. 5.10 사판식 가변 용량 펌프

유압펌프의 작동원리(계속)

(3) 사축식 AXIAL 피스톤 펌프의 작동원리

- 축, CYLINDER BLOCK, PISTON 등이 회전
- 밸브판(VALVE PLATE)은 고정
- 축의 단부에 PISTON의 구면부가 물려 동시에 회전
- 따라서 축이 회전하게 되면

PISTON은 같이 따라돌며
실린더 내에서 **축방향으로**
왕복운동을 한다.

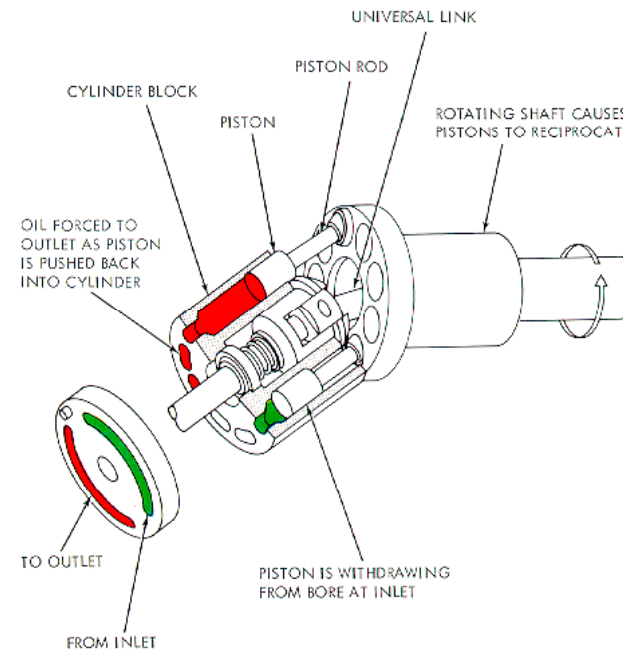


Fig. 5.11 사축식 피스톤 펌프

유압펌프의 작동원리(계속)

- 사축식 가변 용량 펌프

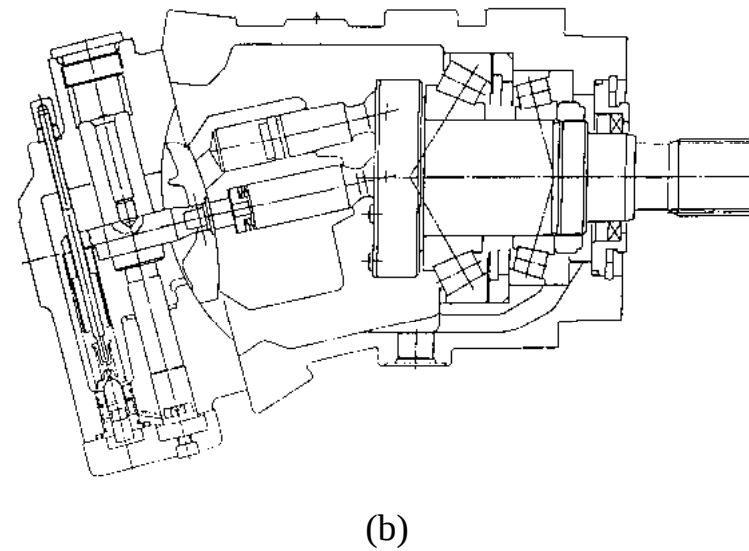
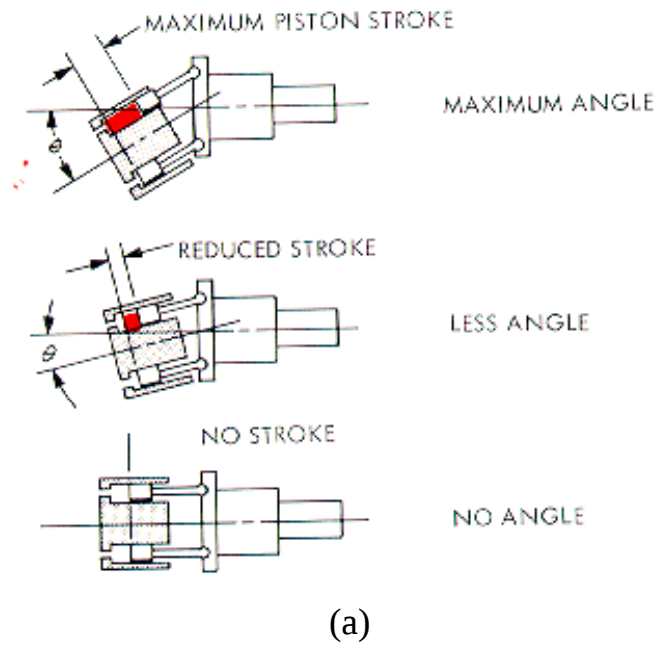


Fig. 5.12 가변 용량형 사축식 피스톤 펌프의 작동과 구조

유압펌프의 작동원리(계속)

(4) 날개식 펌프 및 GEAR식 펌프의 작동원리

- 날개와 날개, 혹은 치와 치 사이에 형성되는 밀폐된 공간이
- 흡입 구간에서는 증대되며 외부로부터 흡입
- 토출 구간에서는 감소되며 그만큼 토출

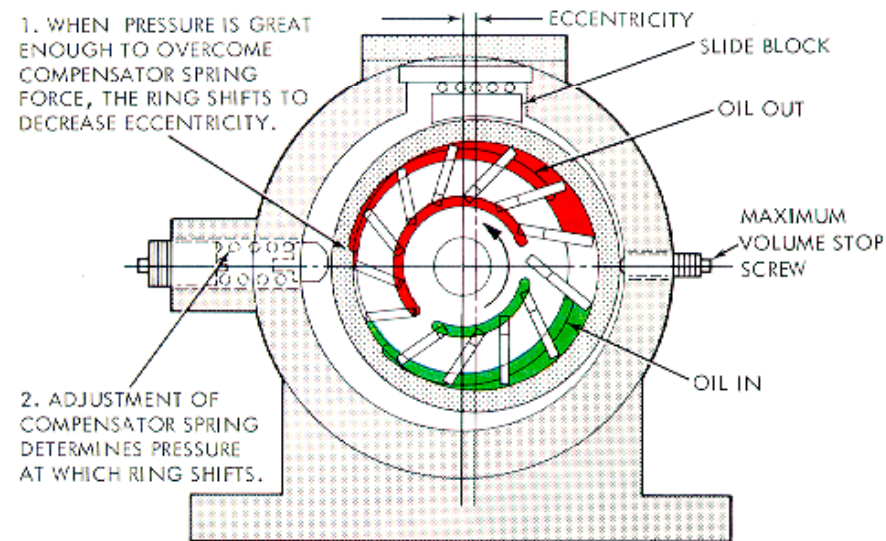


Fig. 5.13 베인펌프의 구조

5.4 제어 장치

(1) 제어 장치의 분류

– 직접 제어

- Zero-stroke control (Fig. 5.14 (a))
- Horse power control (Fig. 5.14 (b))

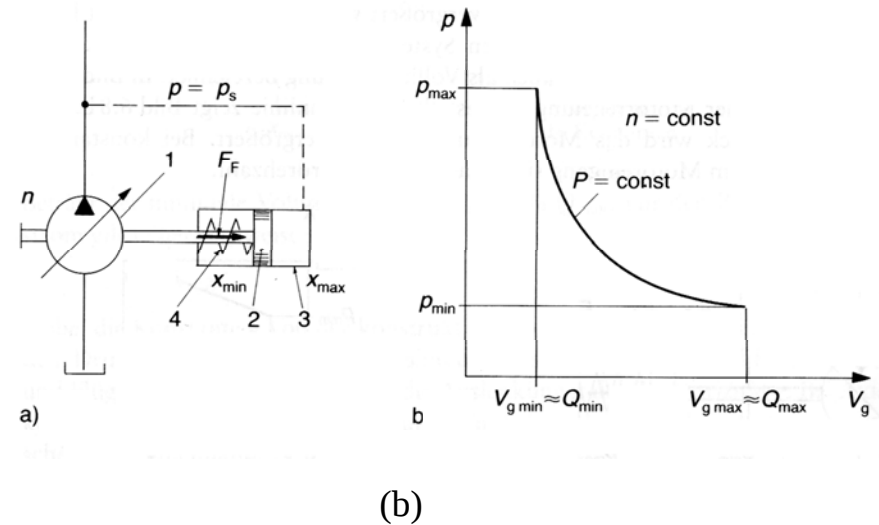
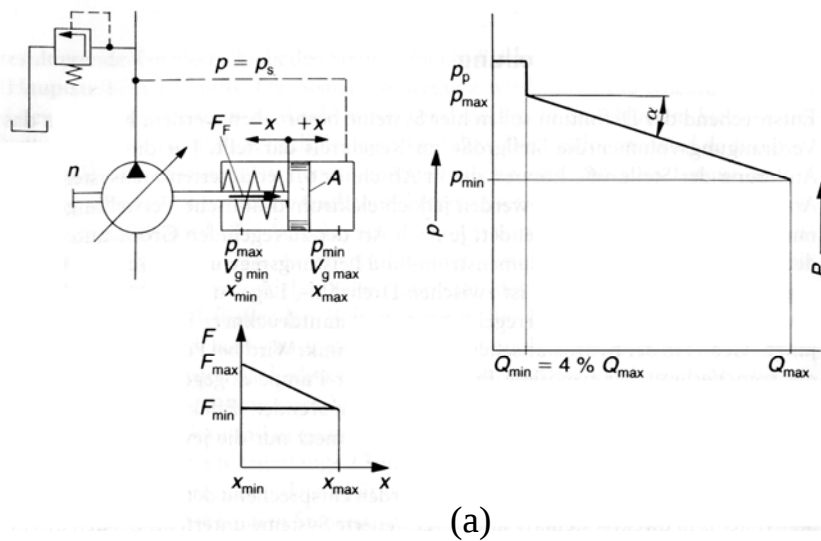


Fig. 5.14 펌프의 직접 제어

from “Hydrostatische Pumpen und Motoren”, Jaroslav und Monika Ivantysyn

제어 장치(계속)

- 파일럿 제어

- Pressure control (Fig. 5.15 (a))
- Flow control (Fig. 5.15 (b))
- Horse power control (Fig. 5.15 (c))

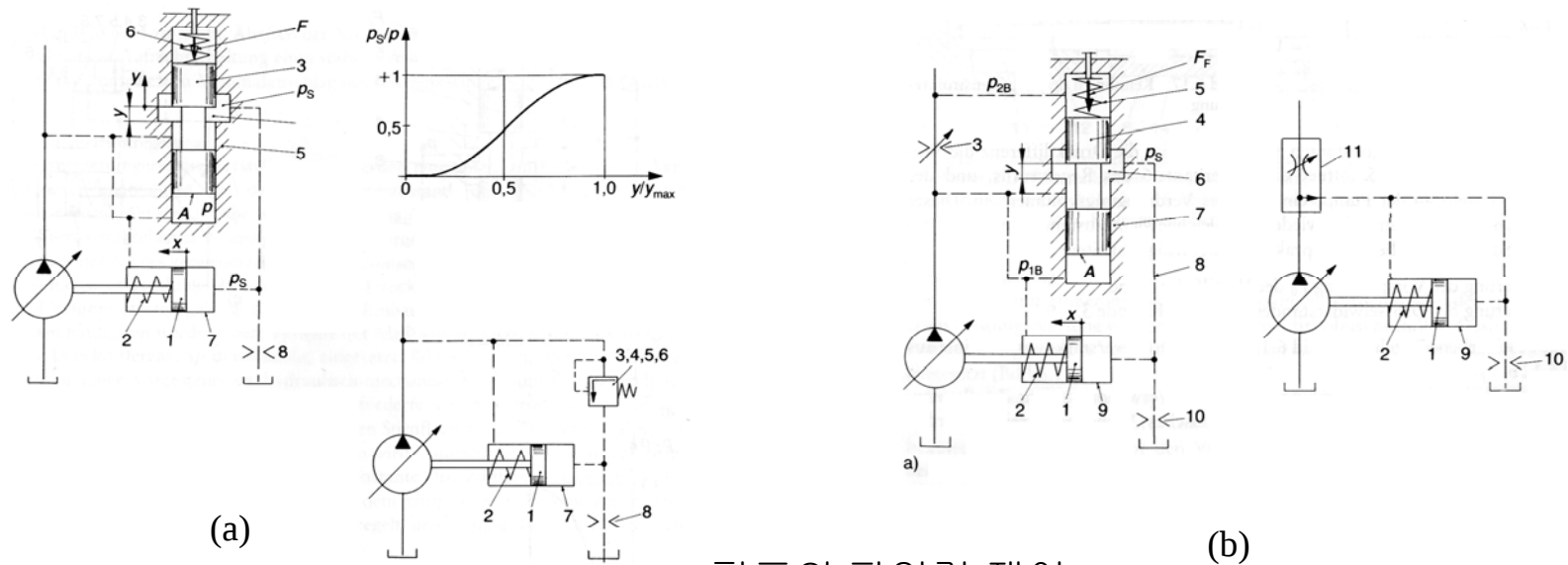


Fig. 5.15 펌프의 파일럿 제어

from "Hydrostatische Pumpen und Motoren", Jaroslav und Monika Ivantysyn

제어 장치(계속)

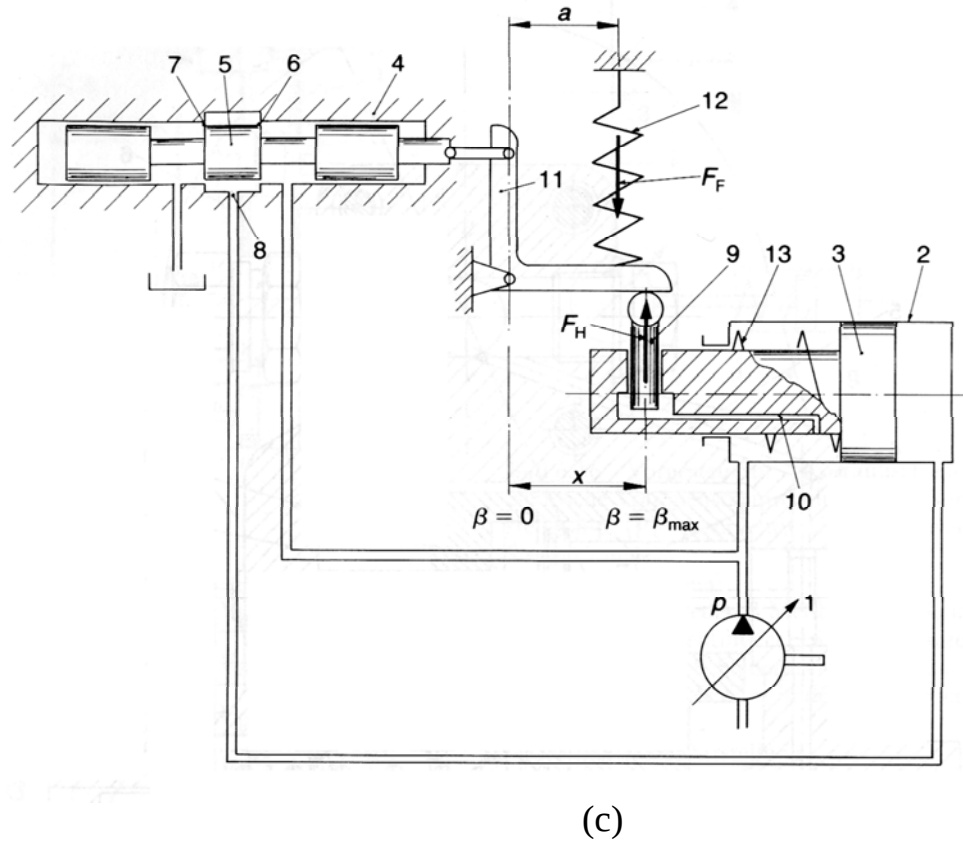


Fig. 5.15 펌프의 파일럿 제어(계속)

from "Hydrostatische Pumpen und Motoren", Jaroslav und Monika Ivantysyn

5.5 펌프의 선정

(1) 가격요인

- 시스템 필요조건의 관리(계획)
 - 유체의 종류(fluid type)
 - 사용 정격 압력
 - 작동교체모드
 - 여유율과 수명
 - 시스템의 교체
- 펌프의 특성
 - 정용량형 펌프 : 통상적으로 가격이 저렴하나 제어에 필요한 여러가지 부품의 가격이 고려되어야 한다.
 - 가변 용량형 펌프 : 가격은 고가이나 필요한 제어장치가 적다.
 - 시스템의 배치는 펌프 타입의 선택에 영향을 미치고, 펌프의 종류에 따라 필요한 공간이 달라진다. (ex. 원심펌프 < 왕복펌프 , 수직펌프 < 수평펌프)
- 대체로 같은 용량에서는 기어펌프가 가장 싸고 피스톤 펌프가 가장 비싸다. 베인펌프는 중간정도의 가격이다.

펌프의 선정(계속)

(2) 부하율

- 간헐 부하 (그림 5.2a)
- 연속 부하 (그림 5.2b)
- 경부하(light duty) : 부하계수(load factor)가 정격 최대용량의 25%이내
- 중간부하(medium duty) : 부하계수가 25%이상 75%이내
- 중부하(heavy duty) : 부하계수가 75%이상

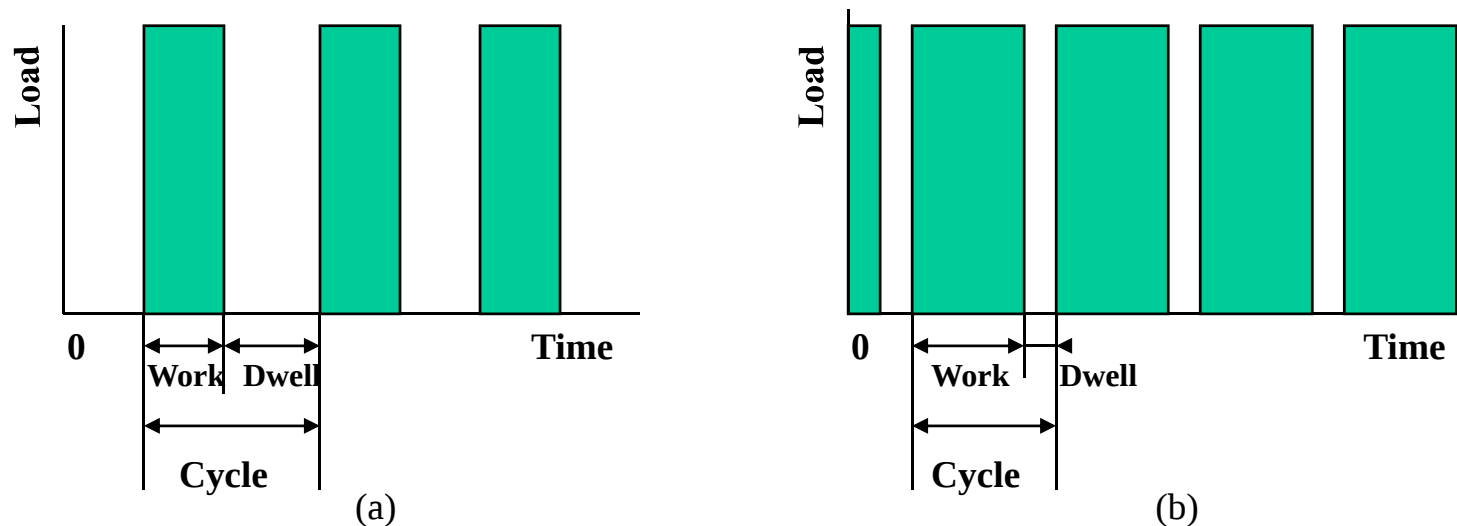


Fig. 5.16 펌프의 부하 특성 from 유압 교재

펌프의 선정(계속)

(3) 기본 사양

- 펌프 용량 : 출력장치의 속도
- 정격압력 : 출력장치가 발생하는 최대힘, 부하저항 사이클
- 원동기 속도 : 펌프의 토출 유량
- 펌프 수명 : 펌프내 베어링의 B-10 정격수명, 내구시험에 의한 마모특성
- 설치와 포트 연결문제 : 다른 부품과의 조합성, O-ring, 테이퍼 나사
- 크기와 중량
- 효율 : 용적효율, 기계효율, 전효율
- 초기 가격
- 수리문제 : 서비스 부품의 구입, 교환의 용이성
- 납기문제
- 수요자 선택 : 수요자 요구, 경쟁機種
- 실적

5.6 펌프의 설계 - 기어 펌프

(1) 작동원리 및 분류

- 외접 기어 펌프
- 내접 기어 펌프

(2) 체적유량 및 유량의 맥동

(3) 작용력과 모멘트

- 치차의 작용력 해석
- 펌프 케이스의 부하

(4) 축방향과 반경방향의 간극보상

(5) 주요치수의 결정

(6) 펌프설계의 예

5.7 용어

- Displacement
 - 단위 회전당 토출하는 체적(이론)
 - 토출량 / 회전속도 (실험)
 - 최소 토출압력, 정격 회전속도 조건
 - 사용 단위 : m^3/rad , cc / rev
- 정격압력 : 설계상의 기준치
- 정격회전속도 : 정격압력으로 연속운전 가능한 설계상의 기준이 되는 회전속도
- 무부하 토출압력 : 시험설비가 허용하는 토출압력의 최소치

용어(계속)

- 용적효율(η_v)

$$\eta_v = \frac{\text{실제 유량}(Q_{OUT})}{\text{이론 유량}(Q_{th})}$$

$$= 1 - \frac{\Delta Q}{Q_{th}}$$

$$= 1 - C_s \frac{P_d}{\mu \omega}$$

where,

$$\Delta Q = \delta^3 \frac{P_d}{\mu} = C_s D_p \frac{P_d}{\mu}; (\text{누설 유량})$$

μ : 점도, δ : 누설 틈새, C_s : 무차원의 누설 계수

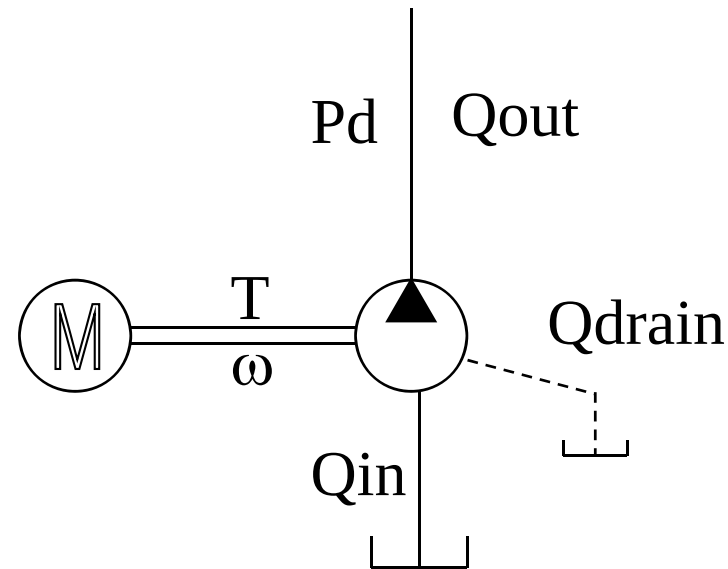


Fig. 5.17 펌프의 약식 기호

용어(계속)

- 기계효율(η_m)

$$\begin{aligned}\eta_m &= \frac{\text{이론 수요 토크}(T_{th})}{\text{실제 수요 토크}(T)} \\ &= \frac{1}{1 + \frac{\Delta T}{T_{th}}} \\ &= \frac{1}{1 + C_f + C_d \frac{\mu \omega}{P_d}}\end{aligned}$$

where,

$$\Delta T = \frac{D_P}{2\pi} (C_d \mu \omega + C_f P_d)$$

C_d, C_f : 무차원의 마찰 계수

용어(계속)

- 전효율(η_t)

$$\begin{aligned}\eta_t &= \frac{\text{실제 출력 마력}(H)}{\text{공급된 마력}(H_m)} \\ &= \frac{PQ}{T\omega} \\ &= \frac{PD_P}{T} \frac{Q}{D_P\omega} \\ &= \eta_v \eta_m\end{aligned}$$

참고문헌

- [1] *Industrial Hydraulics Manual*, Vickers, 1970
- [2] Jaroslav und Monika Ivantysyn, *Hydrostatische Pumpen und Motoren*, Vogel Fachbuch, 1993
- [3] 하재현, *최신유압공학*, 청문각, 1987
- [4] Merritt, H.E., *Hydraulic Control Systems*, J. Wiley & Sons Inc., 1967
- [5] Watton, J., *Fluid Power Systems*, Prentice Hall, 1989
- [6] FAPA Lab, *유압 공학 강의록*, 서울대학교 기계설계학과, 1997